

SKRIPSI

PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU PADA PELAKSANAAN STRUKTUR BETON SISTIM CAST IN SITU DAN SISTIM PRECAST PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PTIIK BRAWIJAYA MALANG



Disusun oleh:

BARBARA CARMELINDA GUSMAO

10.21.003

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2015

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

PERRANDINGAN BIAYA DAN WAKTU PADA PELAKSANAAN
STRUKTUR BETON SISTIM CAST IN SITU DAN SISTIM PRECAST
PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PTIK BRAWIJAYA MALANG

Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Sipil S-1

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

BARBARA CARMELINDA GUSMAO
10.21.003

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Munawir, MT


Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1


Ir. A. Agus Santosa, MT

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

2015

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI
PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU PADA PELAKSANAAN
STRUKTUR BETON SISTIM CAST IN SITU DAN SISTIM PRECAST
PADA PEMBANGUNAN GEDUNG PTHK BRAWIJAYA MALANG**

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang
Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Sabtu

Tanggal : 15 Agustus 2015

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Pernyataan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

BARBARA CARMELINDA GUSMAO

10.21.003

Disahkan Oleh

Ketua

Sekretaris



Ir. A. Agus Santosa, MT.



Lila Ayu Ratna Winando, ST., MT

Penguji I

Anggota Penguji :

Penguji II


Ir. Tiong Iskandar, MT.


Ir. Edi Hargono DP, MS

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2015



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jl. Beribungan Siguregata No.2 Telp. (0341) 511431 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Barbara Carmelinda Gusman
Nim : 10.21.003
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

***"PERBANDINGAN BIAYA DAN WAKTU PADA PELAKSANAAN STRUKTUR
BETON SISTIM CAST IN SITU DAN SISTIM PRECAST PADA
PEMBANGUNAN GEDUNG PTIK BRAWIJAYA MALANG"***

Adalah hasil karya sendiri bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari
hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang , 31 Oktober 2015

Yang Membuat Pernyataan



Barbara Carmelinda Gusman

“Perbandingan Biaya Dan Waktu Pada Pelaksanaan Struktur Beton Sistim Cast In Situ Dan Sistim Precast Pada Pembangunan Gedung PTIIK Brawijaya Malang”

Oleh: Barbara Gusmao (10.21.003)

Dosen Pembimbing I : Ir. Munasih MT , Dosen Pembimbing II : Lila Ayu Ratna Winanda, ST.,MT

ABSTRAKSI

Pada saat ini perencanaan konstruksi suatu bangunan gedung telah berkembang, diantaranya dengan metode precast (pracetak).

Sistim precast adalah sistim dimana sebagian atau seluruh komponen-komponen tersebut dicetak terlebih dahulu di pabrik atau ditempat lain diluar lokasi proyek sesuai dengan ukurannya kemudian diletakkan dan dipasang pada tempat yang direncanakan.

Sistim konvensional adalah sistim dimana seluruh struktur yang menggunakan konstruksi beton, betonnya langsung dicor ditempat.

Dari hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan didapatkan besar total biaya dari pelaksanaan beton cast in situ adalah Rp 436.882.257,70 sedangkan total biaya pada pelaksanaan beton sistim precast adalah sebesar Rp. 298.873.224,10. Adapun selisih waktu antara kedua sistim tersebut adalah 19 hari. Hasil perbandingan dari kedua sistim tersebut menunjukkan bahwa biaya untuk sewa alat-alat berat seperti crane. Tapi dari segi efisiensi waktu sistim precast lebih cepat pelaksanaannya daripada sistim cast in situ karena komponen-komponennya dapat dibuat atau dipesan sebelum proyek pembangunan tersebut dilaksanakan.

Kata Kunci : Beton Sistim Cast In Situ, Beton Sistim Precast, Biaya dan Waktu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“Perbandingan Biaya Dan Waktu Pada Pelaksanaan Struktur Beton Sistim Cast In Situ Dan Sistim Precast Pada Pembangunan Gedung PTIIK Brawijaya Malang”**.

Adapun tujuan dari penyusunan Skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.

Dan pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA. selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang, yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk mendapatkan pendidikan di Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. Sudirman Indra, MSc. selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
3. Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang, yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Ibu Ir. Munasih, MT. selaku dosen pembimbing I
5. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT. selaku dosen pembimbing II.
6. Keluarga saya atas doa, Cinta dan dukungannya yang tak henti-hentinya telah diberikan.
7. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan yang sudah memberikan masukan dan bantuan.

Malang, Oktober 2015

Penulis

DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu.....	4
2.2. Beton.....	4
2.2.1. Pengertian Struktur Beton Bertulang.....	5
2.2.2. Bahan Penyusunan Beton	5
2.3. Pelaksanaan Sistim Konvensional.....	7
2.4. Pelaksanaan Sistim Precast.....	10
2.4.1. Pengertian Beton Bertulang Sistim Precast.....	10
2.5. Perencanaan Biaya Pada Proyek konstruksi	14
2.6. Perencanaan waktu Pada Proyek Konstruksi	19

BAB III METODOLOGI STUDI

3.1. Deskripsi Proyek	22
3.2. Pengumpulan Data.....	22
3.2.1. Data Primer	22
3.2.2. Data Sekunder	23
3.3. Analisa Dan Perhitungan	23
3.4. Diagram Bagan Alir	30

BAB IV ANALISA BIAYA DAN WAKTU

4.1. Deskripsi Proyek	31
4.2. Tahap Informasi.....	31
4.3. Perhitungan Biaya	32
4.3.1. Pekerjaan Kolom	32
4.3.2. Pekerjaan Balok.....	34
4.3.3. Pekerjaan Plat Lantai	34
4.3.4. Upah Tenaga kerja	35
4.3.5. Analisa Harga Satuan Bahan	36
4.3.6. Analisa Biaya Beton Konvensional.....	37
4.3.7. Analisa Biaya Beton Precast	41
4.4. Analisa Waktu Beton Konvensional	45
4.5. Analisa Waktu Beton Precast	47

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran	50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan jumlah penduduk menuntut perkembangan pembangunan infrastruktur yang ditandai dengan bertambahnya perumahan, gedung, pabrik, jaringan pengairan, jalan, jembatan, landasan, bendungan, dermaga dan sebagainya. Meningkatnya jumlah proyek konstruksi idealnya harus di ikuti dengan meningkatnya industri konstruksi baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Begitu pula dengan perkembangan di dalam dunia pendidikan. Perkembangan di dalam dunia pendidikan yang semakin pesat membuat perguruan tinggi melakukan banyak pembenahan, termasuk di dalamnya adalah fasilitas belajar mengajar yang lebih baik, baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitas. Untuk itu Universitas Brawijaya Malang mulai melaksanakan pembangunan proyek gedung perkuliahan yang berlokasi jalan Veteran, Malang.

Metode pelaksanaan suatu konstruksi saat ini telah berkembang pesat. Perkembangan diusahakan untuk menekan biaya sehingga dapat bersaing dengan mengurangi waktu pelaksanaan, jumlah tenaga kerja dan ahli.

Pada saat ini perencanaan konstruksi sudah berkembang, antara lain adanya metode pelaksanaan pengerjaan beton dengan menggunakan metode precast. Metode ini merupakan pengembangan dari metode pengerjaan beton yang sudah ada sebelumnya yaitu metode konvensional atau biasa disebut dengan metode sistem cast in situ. Yang membedakan dari kedua metode ini antara lain sistem precast sebagian atau seluruh komponen-komponen struktur dibuat di pabrik sedangkan sistem cast in situ seluruh struktur yang menggunakan konstruksi beton langsung dicor ditempat.

Sehingga dari kedua metode tersebut diatas, kita dapat memilih ataupun membandingkan mana cara yang paling efektif maupun efisien apabila proyek tersebut membutuhkan anggaran biaya yang kecil dan dalam kurun waktu yang singkat ataupun sebaliknya yaitu dalam kurun waktu yang lama dan anggaran biaya yang begitu besar.

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa besarnya biaya konstruksi beton bila menggunakan konstruksi beton sistem cast in situ?
2. Berapa besarnya biaya konstruksi beton bila menggunakan konstruksi beton sistem precast?
3. Berapa besarnya waktu yang dibutuhkan dari kedua sistem tersebut?

1.3. Tujuan

Tujuan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besarnya biaya konstruksi beton bila menggunakan konstruksi beton sistem cast in situ.
2. Untuk mengetahui besarnya biaya konstruksi beton bila menggunakan beton sistem precast.
3. Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dari kedua sistem tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan di atas, maka untuk pembahasan perlu dibuat pembatasan masalah.

1. Analisa biaya dan waktu untuk membandingkan beton sistem cast in situ dan beton sistem precast.

2. Bagian pekerjaan beton yang ditinjau adalah yang digunakan untuk kolom, balok dan plat lantai.
3. Analisa dilakukan hanya pada struktur bangunan atas lantai 1.
4. Anggaran biaya dan harga satuan diambil sesuai dengan data yang ada pada Rencana Anggaran Biaya.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Pada penulisan ini penulis mengambil beberapa tulisan dan jurnal yang terkait dengan bahasan yang akan penulis angkat dalam penelitian ini. Adapun maksud dan tujuan dari hal tersebut adalah untuk memudahkan penyusunan penelitian ini.

SATRIO (2003) mengambil judul Studi Perbandingan Biaya Dan Waktu Pada Pelaksanaan Struktur Beton Sistik Cast In Situ Dan Sistik Precast Pada Pembangunan Gedung Perkuliahan Kampus Universitas Gajayana Malang. Hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan didapatkan besar total biaya dari pelaksanaan beton sistim cast in situ adalah Rp. 501.897.200,00 sedangkan total biaya pada pelaksanaan beton sistim precast adalah sebesar Rp. 664.501.562,00 atau selisih 32,4 % dari beton sistim cast in situ. Adapun selisih waktu antara kedua sistim tersebut adalah 14 hari. Hasil perbandingan dari kedua sistim tersebut menunjukkan bahwa biaya untuk sistim precast lebih mahal dari sistim cast in situ, hal ini dikarenakan penambahan biaya untuk sewa alat-alat berat seperti sewa crane. Tapi dari segi efesiensi waktu sistim precast lebih cepat pelaksanaannya daripada sistim cast in situ karena komponen-komponennya dapat dibuat atau dipesan sebelum proyek pembangunan tersebut dilaksanakan.

2.2. Beton

2.2.1. Pengertian Struktur Beton Bertulang

Struktur adalah sebuah sistem, artinya gabungan atau rangkaian dari berbagai macam elemen-elemen yang dirakit sedemikian rupa hingga menjadi satu kesatuan yang utuh.

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat.

Struktur Beton bertulang adalah kombinasi dari beton dan baja, dimana baja tulangan memberikan kekuatan tarik yang tidak dimiliki beton. Baja tulangan juga dapat memberikan tambahan kekuatan tekan pada struktur beton.

2.2.2. Bahan Penyusun Beton

- **Bahan Pembentuk Beton**

1. **Agregat Halus**

- Agregat halus adalah material yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5mm (lolos ayakan 4,76 mm).
- Dapat berupa pasir alam atau berupa pasir buatan yang berasal dari sisa/limbah dari mesin pemecah batu.
- Agar agregat halus tersebut dapat menghasilkan mutu beton sesuai yang direncanakan maka harus dilakukan pengendalian.
- Analisa yang dilakukan
 1. Analisa Ayakan (Penyebaran Butiran)
 2. Berat jenis
 3. Penyerapan
 4. Berat Volume
 5. Kadar Air.

2. **Agregat Kasar**

- Agregat halus adalah material yang memiliki ukuran butiran lebih dari 5mm (tertahan ayakan 4,76 mm)
- Analisa yang dilakukan

1. Analisa Ayakan

2. Berat Jenis

3. Berat Volume

4. Penyerapan

5. Kadar Air

- Berguna untuk proses mix desain.

3. Semen

- Semen memiliki berbagai macam jenis
- Pemilihan tipe semen bias disesuaikan dengan kebutuhan
- Type semen :
 - Type 1 keperluan umum
 - Type 2 tahan terhadap sulfat
 - Type 3 kecepatan mengeras tinggi
 - Type 4 tahan terhadap sulfat sangat tinggi.

4. Air

Air yang dapat digunakan dalam pembuatan campuran beton adalah jenis air kerja yang tidak boleh mengandung bahan yang membahayakan seperti SO_4 dll.

Dimana ada pengujian yang dilakukan terhadap kualitas air. Untuk mengetahui berapakah kandungan senyawa yang ada di dalam air.

Biasa digunakan air PDAM yang sudah teruji kandungan zat-zat yang berbahaya.

5. Aditiv/ Bahan Tambahan

- Bahant ambahan (aditiv) adalah bahan yang ditambahkan untuk mencapai tujuan tertentu dalam pembuatan beton.

Tujuan tertentu : Mengeras sangat cepat, mengeras lambat, meningkatkan workability, dll.

- Tipe bahan aditiv terdiri dari 6 jenis. (A,B,C,D,E,F).
- Untuk material tersebut agar dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton yang dapat menghasilkan kualitas beton yang cukup bagus maka masing-masing bahan tersebut harus lolos syarat uji material yang telah ditetapkan.

2.3. Pelaksanaan Sistem Konvensional

Sistem konvensional adalah sistem dimana seluruh struktur yang menggunakan konstruksi beton, pengecorannya dilakukan ditempat (cast in situ). Berikut ini adalah penjelasan tahapan-tahapan pelaksanaan yang merupakan bagian penting dari pengecoran beton tersebut. Tahapan-tahapan pelaksanaan tersebut terdiri dari:

a. Pekerjaan Persiapan

Sebelum pekerjaan beton dimulai dari semua alat serta bahan-bahan yang diperlukan dipersiapkan dulu sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

Sebelum beton dicor semua bagian-bagian yang akan diisi adukan beton dibersihkan dulu dari kotoran-kotoran dan material bebas, kemudian cetakan beton dibersihkan dengan air. Hal ini dilakukan supaya pada waktu pengecoran berlangsung maka air yang terkandung dalam adonan beton tidak meresap pada cetakan.

b. Pemasangan Bekisting

Bekisting sebagai cetakan, harus disesuaikan dengan bentuk yang diinginkan serta harus kokoh dan tidak goyah, baik sebelum maupun sesudah pengecoran dilaksanakan.

Untuk bekisting pada pelaksanaan ini dipakai multiplex dengan ketebalan 2 cm, dan untuk penyangga dipakai tiang dari pipa-pipa besi. Pemasangan dari sambungan-sambungan dari papan bekisting harus rapat sehingga tidak terjadi kebocoran-kebocoran pada saat pengecoran dilakukan.

c. Pekerjaan Pembesian

Sebelum pekerjaan pengecoran dimulai, terlebih dulu dilakukan pemasangan besi-besi tulangan. Pemotongan besi-besi tulangan diukur sesuai dengan kebutuhan dan petunjuk yang terdapat pada gambar detail, serta syarat-syarat penulangan yang ditetapkan secara teknis.

Sedangkan untuk pembengkokan besi tulangan digunakan alat khusus pembengkok besi tulangan yang terdiri dari berbagai ukuran tergantung dari diameter besi yang akan dibengkokkan. Pemotongan dan pembengkokkan besi tulangan ini dilakukan dibawah dan setelah itu diangkat keatas untuk dipasang.

Pemasangan besi tulangan untuk balok dikerjakan terlebih dahulu baru kemudian dipasang besi tulangan untuk plat lantai. Untuk menjaga agar tulangan yang telah terpasang tidak berubah kedudukannya, maka tulangan-tulangan tersebut diikat dengan kawat bendrat.

d. Pengecoran Beton

Pada pengerjaan pengecoran beton ini terdapat tahapan-tahapan pekerjaan yang dilaksanakan pada waktu yang hampir bersamaan. Tahapan-tahapan pekerjaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pengadukan campuran beton

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton harus memenuhi ketentuan yaitu takaran untuk bahan beton harus dilaksanakan sebaik mungkin sehingga dihasilkan campuran yang benar-benar baik. Pengadukan campuran beton pada pelaksanaan ini menggunakan ready mix.

2. Pemadatan Beton

Selama pekerjaan pengecoran berlangsung, dilakukan pula pekerjaan pemadatan untuk menghasilkan beton yang padat. Pelaksanaan penuangan dan penggetaran beton

merupakan hal yang sangat penting. Beton digetarkan dengan vibrator secukupnya dan dijaga supaya tidak berlebihan. Hasil beton yang berongga-rongga dapat mengakibatkan beton tersebut mengalami keretakan.

e. Pembongkaran Bekisting

Pembongkaran Bekisting ini dilakukan bila beton sudah berumur cukup, artinya beton tersebut sudah mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban yang bekerja padanya.

Pada umumnya bekisting baru bisa dibuka setelah beton berumur 21 hari. Pada pekerjaan pembongkaran bekisting ini perlu diperhatikan agar tidak merusak beton itu sendiri.

2.4. Pelaksanaan Sistem Precast

2.4.1. Pengertian Beton Bertulang Sistem Precast

Adanya definisi dari beton precast adalah beton yang dicor di suatu tempat (dapat dilokasi proyek maupun di pabrik yang memproduksi beton precast) kemudian dipasang pada posisinya dengan suatu sistem sambungan sehingga dapat bekerja sebagai suatu kesatuan yang membentuk konstruksi bangunan yang utuh. Dalam pelaksanaannya sistem precast dibagi menjadi:

1. Full Precast

Yaitu seluruh komponen struktur bangunan yang dibuat secara pracetak.

2. Partial Precast

Yaitu sebagian komponen struktur dibuat secara precast, sebagian lagi dengan cara konvensional.

Dalam tugas akhir ini saya menggunakan sistem Partial Precast untuk dibandingkan dengan sistem konvensional.

Pemesanan komponen precast biasanya dilakukan jauh-jauh hari sebelum proyek dilaksanakan. Hal ini dilakukan apabila terjadi hambatan dalam produksi, maka pelaksanaan tidak terhenti akibat kekurangan bahan. Dan bila ini terjadi akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar karena pelaksanaan sistem precast ini banyak menggunakan peralatan sehingga pekerjaan terhenti maka banyak peralatan yang berhenti bekerja dan sewa peralatan tersebut akan berjalan terus.

Agar lebih aman, komponen yang dipasang minimal berumur 2 minggu atau 1 minggu setelah produksi, sebab dengan sistem perawatan uap panas antara 70°C – 80°C yang diterapkan pabrik, maka dalam umur sehari mutu beton yang dihasilkan pada beton precast sudah setara dengan beton yang berumur seminggu yang melalui perawatan biasa.

Untuk memudahkan dalam melaksanakan proyek setiap komponen diberi kode tertentu meliputi:

- Jenis komponen
- Type
- Tanggal produksi
- Kode lantai
- Kode balok

2.4.1.1. Pemasangan Komponen precast

Dalam pemasangan elemen-elemen precast pada posisi terakhirnya terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan oleh perencana untuk menghindari adanya kesalahan.

Adapun yang perlu diperhatikan untuk pelaksanaan pemasangan komponen precast antara lain:

- a. Site plan
- b. Peralatan
- c. Sarana dan Tenaga Kerja

a. Site plan

Dalam sistem konvensional maupun pracetak, site plan memegang peranan penting dalam menentukan kelancaran konstruksi. Oleh karena itu perlu beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain adalah:

- Posisi tower crane yang harus direncanakan setepat mungkin sehingga dapat menjangkau tersebut mampu mengangkat elemen precast pada posisi yang aman.
- Jalan untuk transportasi elemen precast diproyek.
- Lokasi sarana penunjang lainnya yang merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan seperti direksi kit dan lainnya.

Site plan yang tidak direncanakan dengan baik dapat menyebabkan pelaksanaan dalam proyek menjadi tidak lancar, pemakaian peralatan dan tenaga kerja menjadi tidak efisien dan pada akhirnya biaya pelaksanaannya menjadi lebih tinggi, waktu pelaksanaannya menjadi lama.

b. Peralatan

Tidak ada perbedaan yang menyolok pada kebutuhan peralatan untuk sistem konvensional dengan sistem precast. Hanya saja untuk penggunaan sistem precast beberapa hal dibawah ini harus betul-betul diperhatikan, seperti:

- Berapa tower crane yang dibutuhkan dalam suatu proyek agar tower crane dapat dioperasikan semaksimal dan seefisien mungkin?
- Berapa diameter perputaran tower crane?
- Berapa angkut maksimal tower crane?
- Peralatan pembantu serta jumlah kebutuhan guna mendukung siklus pemasangan elemen precast seperti truk dan lain sebagainya.

c. Sarana dan Tenaga Kerja

Pada pembangunan suatu proyek yang menggunakan sistem precast, pada umumnya sarana dan tenaga kerja yang diperlukan lebih sedikit dibandingkan dengan konvensional. Dengan demikian koordinasi pelaksanaan mudah dan kelancaran pelaksanaan terjamin.

2.4.1.2. Metode pelaksanaan

Pelaksanaan pembangunan gedung dengan menggunakan elemen precast memerlukan adanya ketelitian yang besar. Penyambungan antar elemen-elemen balok precast dilakukan pada daerah pertemuan balok kolom. Jenis sambungan yang digunakan yaitu dengan cara pengecoran pada pertemuan antara komponen yang dipertemukan. Pengecoran dilakukan setelah balok precast dengan kolom selesai disambung dengan las. Selama proses penyambungan dan nantinya dilanjutkan dengan pemasangan plat precast balok diberi penyangga atau tumpuan sampai beton overtopping menjadi monolit dengan beton precast.

Pemasangan elemen-elemen pelat precast dipasang dikumpulkan diatas balok precast yang telah terpasang. Kemudian dilakukan pengecoran didaerah topping dan daerah joint. Setelah itu kembali dilanjutkan dengan pemasangan tulangan kolom yang kemudian dicor ditempat.

2.5. Perencanaan Biaya Pada Proyek Konstruksi

Biaya proyek merupakan hal yang penting selain waktu, kedua hal ini berkaitan erat dan dipengaruhi oleh pelaksanaan, pemakaian, peralatan, bahan, dan tenaga kerja. Dengan adanya persaingan harga dalam tender maka perlu adanya estimasi yang tepat dan akurat dan harus dimulai sejak pelaksanaan tender dimulai, sebab biaya yang disetujui dalam kontak tidak dapat diubah tanpa sebab yang tepat. Untuk itu diperlukan perhitungan, analisa dan pengalaman kerja yang benar supaya tidak mengalami kerugian di kemudian hari.

Biaya proyek konstruksi dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut:(Imam Soeharto, “*Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*”,1995:127)

1. Biaya Langsung

Adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Biaya langsung terdiri dari:

- Penyiapan Lahan (*Site Preparation*) pekerjaan ini terdiri dari *clearing*, *grubbing*, menimbun & memotong tanah, mengeraskan tanah, dan lain-lain. Di samping itu juga pekerjaan-pekerjaan membuat pagar, jalan, dan jembatan.
- Pengadaan Peralatan Utama. Semua peralatan utama yang tertera dalam gambar disain engineering. Contoh untuk ini adalah kolom destilasi, reaktor, regenerator, generator dapur, dan lain-lain.
- Biaya merakit dan memasang peralatan utama. Terdiri dari pondasi struktur penyangga, isolasi, dan pengecatan.
- Pipa. Terdiri dari pipa transfer, pipa penghubung antara peralatan, dan lain-lain.
- Alat-alat listrik dan instrumen. Terdiri dari gardu listrik, motor listrik jaringan distribusi, dan instrumen.
- Pembangunan gedung perkantoran, pusat pengendalian operasi (*control room*), gudang, dan bangunan sipil lainnya.

- Fasilitas pendukung seperti *utility* dan *off-site*. Terdiri dari pembangkit uap, pembangkit listrik, fasilitas air pendingin, tangki, dan dermaga.
- Pembebasan tanah sering kali dimasukkan ke dalam biaya langsung.

2. Biaya tidak langsung

Adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek. Biaya tidak langsung meliputi:

- Gaji tetap dan tunjangan bagi tim manajemen, gaji dan tunjangan bagi tenaga bidang engineering, inspektor, penyelia konstruksi lapangan, dan lain-lain.
- Kendaraan dan peralatan konstruksi. Termasuk biaya pemeliharaan, pembelian bahan bakar, minyak pelumas, dan suku cadang.
- Pembangunan fasilitas sementara. Termasuk perumahan darurat tenaga kerja, penyediaan air, listrik, fasilitas komunikasi sementara untuk konstruksi, dan lain-lain.
- Pengeluaran umum. Butir ini meliputi bermacam keperluan tetapi tidak dapat dimasukkan ke dalam butir yang lain, seperti *smalltools*, pemakaian sekali lewat (*consumable*) misalnya kawat las.
- Kontigensi laba atau *fee*. Kontigensi dimaksudkan untuk menutupi hal-hal yang belum pasti.
- *Overhead*. Butir ini meliputi biaya untuk operasi perusahaan secara keseluruhan, terlepas dari ada atau tidak adanya kontrak yang sedang ditangani. Misalnya biaya pemasaran, advertensi, gaji eksekutif, sewa kantor, telepon, komputer.
- Pajak, pungutan/ sumbangan, biaya izin dan asuransi. Berbagai macam pajak seperti PPN, PPh dan lainnya atas hasil operasi perusahaan.

Perkiraan biaya memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. Pada taraf pertama dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek atau investasi, selanjutnya memiliki fungsi dengan spektrum yang amat luas yaitu merencanakan dan mengendalikan sumber daya seperti material, tenaga kerja, pelayanan maupun waktu. (Imam Soeharto, “*Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*”, 1997:126)

Menurut Imam Soeharto, “*Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*”, hal 131, suatu perkiraan biaya mengandung unsur sebagai berikut:

1. Biaya Pembelian Material dan Peralatan

Menyusun perkiraan biaya pembelian material dan peralatan amat kompleks, mulai dari membuat spesifikasi, mencari sumber, mengadakan lelang sampai kepada membayar harganya. Terdapat berbagai alternatif yang tersedia untuk kegiatan tersebut, sehingga bila kurang tepat menanganinya mudah sekali membuat proyek menjadi tidak ekonomis. Material dan peralatan ini terdiri dari material curah, peralatan utama yang akan terpasang sebagai bagian fisik pabrik dan lain-lain, yang diperlukan dalam proses pelaksanaan proyek seperti fasilitas sementara dan lain-lain.

2. Biaya Penyewaan atau Pembelian Peralatan Konstruksi

Disamping peralatan pada butir 1, terdapat juga peralatan konstruksi yang digunakan sebagai sarana bantu konstruksi yang tidak akan menjadi bagian permanent dari pabrik/ instalasi. Contoh untuk ini adalah truk, crane, fork-life, grader, scraper, dan lain-lain.

3. Upah Tenaga Kerja

Hal ini terdiri dari tenaga kerja kantor pusat yang sebagian besar terdiri dari tenaga ahli bidang engineering dan tenaga konstruksi plus penyedia lapangan.

Mengidentifikasi biaya tenaga kerja/ jam orang merupakan penjabaran lebih jauh dari mengkaji lingkup proyek.

4. Biaya Subkontrak

Pekerjaan subkontrak umumnya merupakan paket kerja yang terdiri dari jasa dan material yang disediakan oleh subkontraktor, dan belum termasuk di dalam klasifikasi butir 1, 2, maupun 3.

5. Biaya Transportasi

Termasuk seluruh biaya transportasi material, peralatan, tenaga kerja yang berkaitan dengan penyelenggaraan proyek.

6. Overhead dan Administrasi

Komponen ini meliputi pengeluaran operasi perusahaan yang dibebankan kepada proyek (menyewa kantor, membayar listrik, telepon, biaya pemasaran) dan pengeluaran untuk pajak asuransi, royalti, uang jaminan, dan lain-lain.

7. Fee/ Laba dan Kontigensi

Pada penulisan Tugas Akhir ini perhitungan biaya hanya dibatasi pada perhitungan kolom saja. Oleh karena itu perhitungan materialnya terdiri dari pasir, batu split, papan cor dan cetakan yang dibuat, yang selanjutnya dikelompokkan dengan nama harga satuan bahan.

Pada perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan harga satuan pekerjaan. Yang dimaksud Harga Satuan Pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/ proyek harus berpedoman

pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan. (H. Bachtiar Ibrahim, “*Rencana dan Estimate Real of Cost*” Bumi Askara, 2003 : hal 133)

2.6. Perencanaan Waktu pada Proyek Kontruksi

Waktu atau jadwal merupakan salah satu sasaran utama proyek. Keterlambatan akan mengakibatkan berbagai bentuk kerugian, misalnya: penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasaran, dan lain-lain. Pengelolaan waktu meliputi perencanaan, penyusunan dan pengendalian jadwal.

Rencana kerja dan jadwal waktu proyek merupakan tulang punggung keseluruhan proses kontruksi, sehingga harus dibuat berdasarkan pada sasaran pencapaian target yang jelas. Dengan memakai jadwal rencana kerja tepat, sumber daya yang memadai dapat tersedia pada saat yang tepat, setiap tahap proses mendapatkan alokasi waktu cukup dengan berbagai kegiatan dapat dimulai pada saat yang sama pula.

Dalam menyusun jadwal rencana kerja harus sudah mempertimbangkan dan mencakup:

1. Estimasi kebutuhan sumber daya dan dana disertai dengan analisis penggunaan yang paling bagus.
2. Menentukan rambu-rambu marka pengukuran target kemajuan proyek.

Dalam pelaksanaan konstruksi tersedia berbagai macam cara dan teknik menyusun rencana kerja dan jadwal waktu, sejak dari yang sederhana berupa bagan balok sampai bentuk analisis jaringan kerja dengan menggunakan komputer.

Semua teknik tersebut didasarkan pada prinsip-prinsip penting sebagai berikut:

1. Betapapun rumitnya proyek yang diuraikan, jadwal rencana kerja harus dapat memberikan informasi dalam bentuk yang mudah dipahami.

2. Jadwal rencana kerja harus realistis dan dapat menggambarkan keadaan sebenarnya yang dihadapi proyek.
3. Jadwal rencana kerja harus dapat dipakai sebagai alat untuk Memantau dan mengendalikan berlangsungnya proyek.
4. Karena konstruksi merupakan proses yang dinamis, maka jadwal rencana kerja harus menyediakan kemungkinan untuk perubahan komponen kegiatan tertentu tanpa merusak keseluruhan rencana.
5. Jadwal rencana kerja harus lengkap, menyeluruh, mencakup seluruh tahapan konstruksi sejak dituangkan gagasan proyek sampai dengan operasi penggunaan bangunan.

Tahap-tahap kegiatan pokok proses konstruksi terdiri dari tahap pengembangan konsep, perencanaan, pelelangan, pelaksanaan konstruksi dan pengoperasian. Sebagai suatu sistem rekayasa, keseluruhannya merupakan satu rangkaian tahap kegiatan yang sering disebut sebagai daur proses konstruksi yang selalu mengikuti dan didasarkan pada pola rencana kerja kegiatan pokok tersebut. Dengan demikian merupakan pandangan yang keliru bila jadwal rencana kerja hanya diperlukan pada tahap pelaksanaan konstruksi fisiknya saja. Meskipun pada kenyataannya tahap pembangunan fisik menuntut paling banyak upaya, sumber daya, kegiatan ataupun pembiayaan, akan tetapi syarat kesinambungan jadwal rencana kerja secara keseluruhan tetap merupakan kebutuhan yang tidak bisa ditawar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Deskripsi Proyek

Pada proyek pembangunan Gedung B Program Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer Tahap I Universitas Brawijaya Malang, adapun pihak yang berkepentingan disini adalah:

Nama Proyek : Proyek Pembangunan Gedung PTIIK Universitas
Brawijaya Malang

Jenis Proyek/ Pekerjaan : Gedung

Lokasi : Jl. Veteran No. 8 Malang Jawa Timur

Konsultan Pengawas : PT. Mitraplan Kons

Kontraktor Pelaksana : PT. Waskita Karya

Konsultan Perencana : CV. Kosa Matra Graha

3.2. Pengumpulan data

Dalam membuat suatu analisa, diperlukan data-data sebagai bahan acuan. Untuk dapat melakukan analisis yang baik, maka diperlukan data yang mencakup informasi dan teori konsep dasar yang berkaitan dengan objek yang akan dianalisa.

Data – data tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.1. Data Primer

Data Primer, yaitu data-data yang diperoleh pada lokasi perencanaan proyek antara lain data-data yang meliputi:

1. Gambar struktur proyek

2. Time schedule proyek
3. Metode pelaksanaan proyek
4. Basic price: material, equipment, man power dll

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder, yaitu data-data yang diperoleh dari hasil wawancara dan permohonan data yang akurat dengan para pejabat terkait. Wawancara kepada tim lapangan (pelaksana) meliputi tentang proses pembuatan komponen precast dari mulai pekerjaan persiapan hingga pemasangan. Proses pengadaan komponen precast berkaitan erat dengan produktivitas, baik pada waktu pembuatan hingga pemasangan komponen precast. Dalam proses produktivitas perlu suatu pengamatan yang seksama.

Data sekunder juga diperoleh dari instansi terkait yang mengeluarkan informasi berupa harga satuan pekerjaan, bahan dan upah pekerjaan konstruksi.

3.3. Analisis Dan Perhitungan

Analisis dan perhitungan beserta acuannya dalam perencanaan struktur beton sistem cast in situ dan sistem precast ini adalah sebagai berikut :

- Perhitungan Biaya
- Perhitungan Waktu

Analisis dilakukan untuk memprediksi besaran volume terhadap besaran biaya yang timbul dari akibat dua jenis metode kerja yang diteliti dengan melakukan studi terhadap hal-hal sebagai berikut:

1. Besaran volume dan besaran biaya dari dua sistem metode (*cast in situ* dan *precast*) akan menghasilkan titik efisiensi dalam nilai produksi pekerjaan konstruksi beton.

2. Besaran nilai penghematan material ataupun penghematan biaya dari kedua sistem metode kerja.
3. Pengaruh (reduksi) waktu pelaksanaan dari dampak penerapan metode *precast* terhadap metode *cast in situ*.

Data perhitungan volume diperoleh dari hasil membaca gambar kerja (*shop drawing*).

Pada umumnya penggunaan beton pracetak dianggap lebih ekonomis dibandingkan dengan pengecoran ditempat dengan alasan :

1. Mengurangi biaya pemakaian bekisting.
2. Mereduksi biaya upah pekerja.
3. Mereduksi durasi pelaksanaan proyek, sehingga *overhead* yang dikeluarkan kecil.

Pada dasarnya beton pracetak itu dibuat tidak di tempat pelaksanaan proyek melainkan di tempat lain, misalnya pabrik dll. Sehingga akan menambah biaya angkut untuk transport beton pracetak ke lokasi proyek dan kelebihan juga, beton pracetak ini tidak terpengaruh cuaca yang berubah-ubah karena tidak dilakukan di lokasi proyek.

Tabel 3.3. Perbandingan beton precast dan beton konvensional

Aspek	Beton Precast	Beton Konvensional
Perencanaan	Scope perencanaan lebih luas	Lebih sederhana
Tipe Struktur	Umum dipakai tipe struktur Open frame dengan plat lantai berupa precast	Tipe struktur konvensional
Produksi	Tergantung kebutuhan komponen-komponen yang digunakan di proyek	Ketertgantungan produksi terbatas hampir tidak ada Fleksibel terhadap tuntutan

	diperlukan inovasi atas tuntutan arsitektural	Arsitektural
Transportasi	Jika diproduksi di luar proyek perlu biaya angkut Jika diproduksi di luar site proyek perlu biaya langsir/ distribusi komponen	Tidak ada biaya angkut Tidak ada biaya langsir
<i>Erection</i>	Perlu alat bantu instalasi (alat angkat <i>crane</i> untuk menginstal komponen beton <i>precast</i>)	Tidak ada pekerjaan <i>erection</i> (alat angkat dipakai untuk memindahkan besi tulangan ada <i>formwork</i>)
<i>Connention</i>	Perlu menentukan jenis sambungan	Tidak perlu sambungan
Perbaikan <i>Repair</i>	Kerusakan/ cacat <i>precast</i> bisa diakibatkan pada saat produksi, transportasi dan <i>erection</i>	Kerusakan/ cacat bisa diakibatkan karena bekisting mengalami perubahan bentuk/ ukuran
Biaya	Semakin besar volume semakin ekonomis (mereduksi biaya bekesting, pekerjaan dan <i>overhead</i>)	Semakin besar volume semakin mahal (jumlah <i>material sistem & consumable</i> menjadi banyak)
Waktu	Produksi hampir tidak terpengaruh cuaca Kegiatan pekerjaan bisa <i>over-lapping</i> dan <i>cycle time erection</i> lebih singkat Penyelesaian lebih cepat	Dipengaruhi oleh kondisi cuaca Ketergantungan terhadap kegiatan pekerjaan struktur awal/ sebelumnya Penyelesaian agak lambat
Mutu	Konsistensi kualitas beton terjamin Permukaan beton yang halus (beton <i>expose</i>) Akurasi pekerjaan lebih	Konsistensi kualitas beton kurang terjaga Perlu pekerjaan finishing pada permukaan beton Kurang presisi dan kurang

	presisi dan estetis/ rapi	rapi
Pengecoran	Cor di luar/ terpisah dari elemen konstruksi yang dibangun	Cor di tempat/ menyatu dengan elemen konstruksi yang dibangun
Bekisting	Bekisting/ moulding dipasang di luar elemen konstruksi yang dibangun	Bekisting (konvensional/ sistem) dipasang menyatu dengan elemen konstruksi yang dibangun
Bentuk	Paling efisien bentuk tipikal Bentuk lebih terkontrol <i>Segmental/ module</i>	Tidak terpengaruh bentuk Bentuk bisa berubah sewaktu pengecoran Monolit

Keuntungan lain dari beton pracetak ini

- Kecepatan dalam pelaksanaan pembangunan.
- Dicapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangannya.
- Pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana.
- Pihak yang bertanggung jawab lebih sedikit.
- Mempunyai aspek positif terhadap *schedule*, terutama kemudahan di dalam melakukan pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pekerjaan.
- Jumlah pekerja kantor proyek lebih sedikit. Demikian juga tenaga lapangan yang dibutuhkan untuk setiap unit komponen yang lebih kecil karena pekerjaan dapat dilaksanakan secara seri.
- Menggunakan tenaga buruh kasar sehingga upah relatif lebih murah.
- Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan cast-in-situ dan kemudian menggabungkan dengan komponen-komponen beton pracetak.

- Aspek kualitas, di mana beton dengan mutu prima dapat lebih mudah dihasilkan di lingkungan pabrik.
- Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca.
- Biaya yang dialokasikan untuk supervisi relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan durasi proyek yang lebih singkat.
- Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat.
- Mampu mereduksi biaya konstruksi.
- Dapat dihasilkan bangunan akurasi dimensi dan mutu yang lebih baik.

Selain, keuntungan ada juga kelemahan beton pracetak dibandingkan dengan beton cast in situ, sebagai berikut :

- Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi.
- Dibutuhkan peralatan lapangan dengan kapasitas angkat yang cukup untuk mengangkat komponen konstruksi dan menempatkan pada posisi tertentu.
- Biaya tambahan yang dibutuhkan untuk transportasi.
- Munculnya permasalahan teknis dan biaya yang dibutuhkan untuk menyatukan komponen-komponen beton pracetak.
- Diperlukan gudang yang luas dan fasilitas *curing*.
- Diperlukan lapangan yang luas untuk produksi dalam jumlah yang besar.

Dari pembahasan diatas, beton pracetak tetap lebih memiliki banyak kelebihan di bandingkan dengan kelemahannya.

Salah satu teknologi untuk mereduksi biaya konstruksi adalah dengan beton pracetak. Penghematan biaya dari teknologi pracetak adalah sebagai berikut:

- Upah tenaga pabrik (pembuat beton pracetak) lebih rendah daripada pekerja tukang kita di lapangan.
- Pemakaian bekisting lebih hemat. Waktu penyelesaian proyek lebih cepat.
- Produktivitas yang lebih besar dari pekerja karena sebagian besar bekerja di permukaan tanah.
- Tidak terpengaruh cuaca.

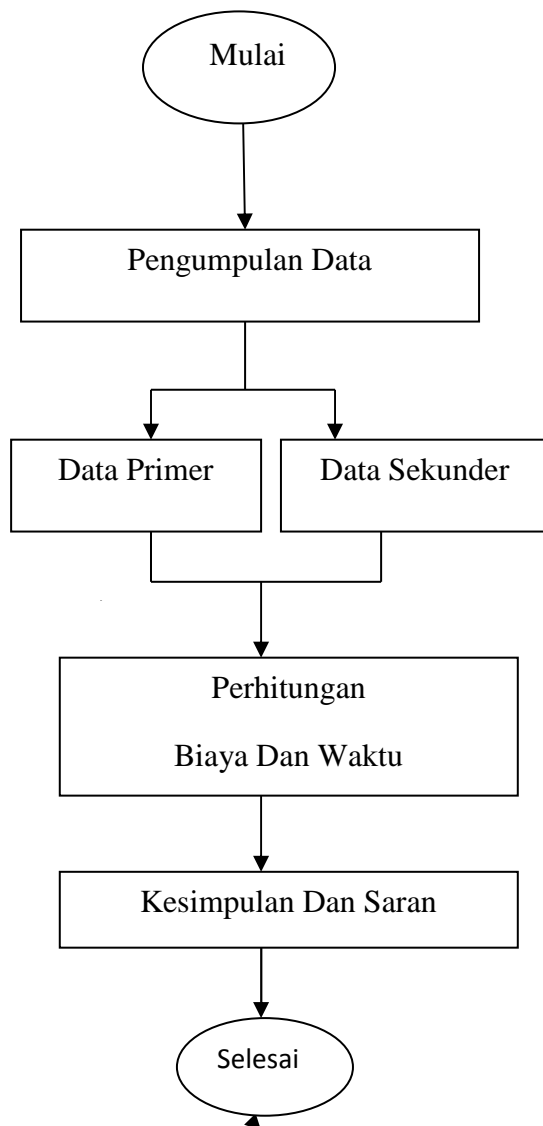
Pada pelaksanaan sistem *precast* terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

- Tahap pengiriman.
- Tahap penurunan/ penumpukkan beton di lokasi proyek.
- Tahap penyusunan/ pemasangan beton pada struktur.
- Tahap penyambungan dengan pengecoran dan pengelasan.

Yang harus diperhatikan dalam tahap pengangkutan beton *precast* dari pabrik sampai ke lokasi proyek :

- Lama waktu yang dibutuhkan untuk ke lokasi proyek.
- Merencanakan jalan alternatif, apabila ada hambatan pada jalur awal.
- Menyesuaikan daya tampung lokasi proyek dengan volume beton *precast* yang dibutuhkan.
- Menentukan alat berat sesuai dengan kebutuhan angkut.

3.4. Diagram Bagan Alir



BAB IV

ANALISA BIAYA DAN WAKTU

4.1. Deskripsi Proyek

Nama Proyek	: Proyek Pembangunan Gedung Universitas Brawijaya Malang
Lokasi	: Jl. Veteran No. 8 Malang Jawa Timur
Konsultan Perencana	: CV. Kosa Matra Graha
Konsultan Pengawas	: PT. Mitraplan Kons
Kontraktor Pelaksana	: PT. Waskita Karya
Luas bangunan	: $\pm 1.296\text{m}^2$
Jumlah Lantai	: 12 Lantai
Gambar Desain	: Dilampirkan

4.2. Tahap Informasi

Tahap Informasi adalah tahap awal dalam perencanaan perbandingan biaya dan waktu. Pada tahap ini dilakukan penggalan data informasi sebanyak mungkin mengenai desain perencanaan proyek, mulai dari data umum proyek, hingga pentabulasian data yang berkenaan dengan item pekerjaan, menentukan item pekerjaan studi, mendapatkan item pekerjaan yang akan dilakukan penggalan terhadap alternatif – alternatif pada tahap kreatif dan analisa data pada tahap analisa. Tahap informasi ini berisi penjelasan – penjelasan tentang pemilihan metode cast in situ dan metode precast.

4.3. Perhitungan Biaya

Pada bab ini akan dibahas masalah perhitungan biaya untuk kolom, balok dan plat lantai:

4.3.1. Pekerjaan kolom

- **Perhitungan Volume Kolom**

Perhitungan volume berdasarkan pada gambar detail rencana yang didapatkan dari lokasi proyek, yaitu perhitungan volume kolom 100/100, kolom 60/80, kolom 40/65 dan kolom 30/30.

Lantai 1

Kolom 100/100

Tinggi Kolom = 4 m

Jumlah kolom = 20 buah

Panjang total kolom = 20 buah x 4 m = 80 m

Volume kolom= Luas Penampang x Total Tinggi Kolom

$$= 1 \times 1 \times 80$$

$$= 80 \text{ m}^3$$

Kolom 60/80

Tinggi Kolom = 4 m

Jumlah kolom = 6 buah

Panjang total kolom = 6 buah x 4 m = 24 m

Volume kolom = Luas Penampang x Total Tinggi Kolom

$$= 0,6 \times 0,8 \times 28,8$$

$$= 13,824 \text{ m}^3$$

Kolom 40/65

Tinggi Kolom = 4 m

Jumlah kolom = 10 buah

Panjang total kolom = 10 buah x 4 m = 48 m

Volume kolom = Luas Penampang x Total Tinggi Kolom

$$= 0,4 \times 0,65 \times 48$$

$$= 12,48 \text{ m}^3$$

Kolom 30/30

Tinggi Kolom = 4 m

Jumlah kolom = 10 buah

Panjang total kolom = 10 buah x 4 m = 40 m

Volume Kolom = Luas penampang x Total Tinggi Kolom

$$= 0,3 \times 0,3 \times 40$$

$$= 3,6 \text{ m}^3$$

4.3.2. Pekerjaan Balok

- **Perhitungan Volume Balok**

Perhitungan volume berdasarkan pada gambar detail rencana yang didapatkan dari lokasi proyek, yaitu perhitungan volume balok 35/75, balok 30/50.

$$\begin{aligned}\text{Volume balok (35/75)} &= 0,35\text{m} \times 0,75\text{m} \times 7,2\text{m} \times 53\text{unit} \\ &= 100,17 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume balok (30/50)} &= 0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 7,2\text{m} \times 46 \text{ unit} \\ &= 49,68 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4.3.3. Pekerjaan Plat Lantai

- **Perhitungan Volume Plat Lantai**

Perhitungan volume berdasarkan pada gambar detail rencana yang didapatkan dari lokasi proyek, yaitu perhitungan volume Plat Lantai.

$$\begin{aligned}\text{Volume Plat Lantai} &= 36\text{m} \times 36\text{m} \times 0,12\text{m} \\ &= 155,52 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4.3.4. Upah Tenaga Kerja

Upah Kerja Pengecoran 1 m³

Pekerja	1,650	Rp 40.000,00	Rp 66.000,00
Tukang batu	0,275	Rp 50.000,00	Rp 13.750,00
Kepala tukang	0,028	Rp 50.400,00	Rp 1.411,20
Mandor	0,063	Rp 60.000,00	Rp 3.780,00
Jumlah			Rp 84.941,20

Upah Kerja Pembesian 1 kg

Pekerja	0,070	Rp 40.000,00	Rp 2.800,00
Tukang Besi	0,070	Rp 50.000,00	Rp 3.500,00
Kepala tukang	0,007	Rp 50.400,00	Rp 352,80
Mandor	0,004	Rp 60.000,00	Rp 240,00
Jumlah			Rp 6.092,80

Upah kerja buat dan bongkar bekisting per m³

Pekerja	0,660	Rp 40.000,00	Rp 1.980,00
Tukang kayu	0,330	Rp 50.000,00	Rp 1.663,00
Kepala tukang	0,033	Rp 50.400,00	Rp 16.500,80
Mandor	0,033	Rp 60.000,00	Rp 26.400,00
Jumlah			Rp 46.543,20

4.3.5. Analisa Harga Satuan Bahan

1 m ³ mutu beton K300			
Bahan:			
Mutu beton K300	1 m ³	Rp 825.880,00	Rp 825.880,00
Upah:			
Upah Kerja	1 m ³	Rp 84.941,20	Rp 84.941,20
Alat bantu	1 Ls	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
Jumlah			Rp 920.821,20

1 Kg Potong / pasang pembesian			
Bahan:			
Besi beton	1,050 kg	Rp 18.452,00	Rp 19.347,60
Kawat bendrat	0,015 kg	Rp 20.353,00	Rp 305,30
Upah:			
Upah Kerja	1 m3	Rp 84.941,20	Rp 6.892,80
Alat bantu	1 Ls	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
Jumlah			Rp 36572,70

1 unit bekisting dan membongkar per m3 beton			
Bahan:			
Kayu bekisting	1 m3	Rp 464.341,00	Rp 464.341,00
Upah:			
Upah Kerja	1 m3	Rp 46.543,20	Rp 6.892,80
Alat bantu	1 Ls	Rp 10.000,00	Rp 10.000,00
Jumlah			Rp 481.233,80

4.3.6. Analisa Biaya beton konvensional

4.3.6.1. Analisa biaya plat lantai

1 m3 plat beton tebal 12 cm			
Mutu beton K300	1 m3	Rp 920.821,20	Rp 920.821,20
Besi beton	1 kg	Rp 36.572,70	Rp 36.572,70
Bekisting	1 kg	Rp 481.233,80	Rp 26.400,00
Peralatan pompa	1 unit	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya keseluruhan dari plat lantai 1 : volume x harga satuan

$$155,52 \times \text{Rp } 1.033.739,90 = \text{Rp } 160.767.229,20$$

4.3.6.2. Analisa biaya balok beton konvensional

1 m3 balok beton (35/75)			
Mutu beton K300	1 m3	Rp 920.821,20	Rp 920.821,20
Besi beton	1 kg	Rp 36.572,70	Rp 36.572,70
Bekisting	1 kg	Rp 481.233,80	Rp 26.400,00
Peralatan pompa	1 unit	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya keseluruhan dari balok (35/75) lantai 1 : volume x harga satuan

$$107,73 \times \text{Rp } 1.033.739,90 = \text{Rp } 111.364.799,40$$

1 m3 balok beton (30/50)			
Mutu beton K300	1 m3	Rp 920.821,20	Rp 920.821,20

Besi beton	1 kg	Rp 36.572,70	Rp 36.572,70
Bekisting	1 kg	Rp 481.233,80	Rp 26.400,00
Peralatan pompa	1 unit	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya keseluruhan dari balok (30/50) lantai 1 : volume x harga satuan

$$49,68 \times \text{Rp } 1.033.739,90 = \text{Rp } 51.356.198,23$$

4.3.6.3. Analisa biaya kolom beton konvensional

1 m3 kolom beton (100/100)			
Mutu beton K300	1 m3	Rp 920.821,20	Rp 920.821,20
Besi beton	1 kg	Rp 36.572,70	Rp 36.572,70
Bekisting	1 kg	Rp 481.233,80	Rp 26.400,00
Peralatan pompa	1 unit	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya keseluruhan dari balok (100/100) lantai 1 : volume x harga satuan

$$80 \times \text{Rp } 1.033.739,90 = \text{Rp } 82.699.192,00$$

1 m3 kolom beton (60/80)			
Mutu beton K300	1 m3	Rp 920.821,20	Rp 920.821,20
Besi beton	1 kg	Rp 36.572,70	Rp 36.572,70
Bekisting	1 kg	Rp 481.233,80	Rp 26.400,00

Peralatan pompa	1 unit	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya keseluruhan dari balok (60/80) lantai 1 : volume x harga satuan

$$13,163 \times \text{Rp } 1.033.739,90 = \text{Rp } 13.607.118,30$$

1 m3 kolom beton (45/65)			
Mutu beton K300	1 m3	Rp 920.821,20	Rp 920.821,20
Besi beton	1 kg	Rp 36.572,70	Rp 36.572,70
Bekisting	1 kg	Rp 481.233,80	Rp 26.400,00
Peralatan pompa	1 unit	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya keseluruhan dari balok (45/65) lantai 1 : volume x harga satuan

$$12,48 \times \text{Rp } 1.033.739,90 = \text{Rp } 12.901.073,95$$

1 m3 kolom beton (30/50)			
Mutu beton K300	1 m3	Rp 920.821,20	Rp 920.821,20
Besi beton	1 kg	Rp 36.572,70	Rp 36.572,70
Bekisting	1 kg	Rp 481.233,80	Rp 26.400,00
Peralatan pompa	1 unit	Rp 50.000,00	Rp 50.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya keseluruhan dari balok (30/50) lantai 1 : volume x harga satuan

$$4,05 \times \text{Rp } 1.033.739,90 = \text{Rp } 4.186.646,595$$

Total biaya keseluruhan untuk pekerjaan beton sistim konvensional untuk lantai 1

:

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp } 160.767.229,20 + \text{Rp } 111.364.799,40 + \text{Rp } 51.356.198,23 + \text{Rp } \\
&82.699.192,00 + \text{Rp } 13.607.118,30 + 12.901.073,95 + \text{Rp } 4.186.646,595 \\
&= \text{Rp } 436.882.257,70
\end{aligned}$$

4.3.7. Analisa Biaya Beton Precast

4.3.7.1. Analisa Biaya Plat Lantai Precast

- Biaya Plat Beton Precast

Panjang plat lantai: 36 m

wiremesh : 12 cm

Volume plat precast : $36\text{m} \times 36\text{m} \times 0,12 = 155,52 \text{ m}^3$

Harga plat precast : $155,52 \times \text{Rp. } 400.000,00 = \text{Rp. } 62.208.000,00$

Upah:

$155,52 \times \text{Rp. } 141.750,00 = \text{Rp. } 14.522.713,00$

Alat:

Sewa crane untuk 1 hari (8 jam kerja) mampu mengangkut 6 m³ adalah Rp.

145.000,00

Kapasitas angkut per harinya: $155,52/6 = 25,92 \text{ m}^3$

Total biaya untuk sewa alat = $25,92 \times 145.000,00 = \text{Rp. } 3.758.400,00$

Total biaya untuk kebutuhan plat lantai beton precast:

$\text{Rp. } 62.208.000,00 + \text{Rp. } 14.522.713,00 + \text{Rp. } 3.758.400,00 = \text{Rp. } 80.489.113,00$

- Biaya Beton Plat Topping

1 m³ plat beton topping

1 m ³ kolom beton (60/80)

Mutu beton K300	1 m ³	Rp 541.750,00	Rp 541.750,00
Besi beton	1 kg	Rp 100.500,00	Rp 100.500,00
Peralatan pompa	1 unit	Rp 45.000,00	Rp 45.000,00
Jumlah			Rp 1.033.739,90

Biaya untuk plat topping

Biaya untuk plat topping 28,6 m³ x Rp. 1.033.739,90 = Rp. 29.564.961,14

Biaya keseluruhan untuk plat precast lantai 1 adalah:

Rp. 80.489.113,00 + Rp. 29.564.961,14 = Rp. 110.054.074,10

4.3.7.2. Analisa Biaya Balok Precast

Volume balok melintang : 14,04 m³

Volume balok memanjang : 3,6 m³

Bahan:

Biaya balok melintang Precast 14,04 m³ x Rp. 1.500.000,00 = Rp. 21.060.000,00

Biaya balok memanjang precast 3,6 m³ x Rp. 1.500.000,00 = Rp. 5.400.000,00
= Rp. 21.060.000,00 + Rp. 5.400.000,00 = Rp. 26.460.000,00

Alat :

Sewa crane untuk 1 hari (8 jam kerja) mampu mengangkut 6 m³ adalah Rp. 145.000,00

Kapasitas angkut per harinya untuk balok melintang : 14,04/6 = 2,34 m³

Total biaya untuk sewa alat = 2,34 m³ x Rp. 145.000,00 = Rp. 339.300,00

Kapasitas angkut per harinya untuk balok memanjang : $3,6/6 = 0,6 \text{ m}^3$

Total biaya untuk sewa alat = $0,6 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 145.000,00 = \text{Rp. } 87.000,00$

Total keseluruhan biaya untuk sewa alat:

$\text{Rp. } 339.300,00 + \text{Rp. } 87.000,00 = \text{Rp. } 426.300,00$

Biaya keseluruhan untuk balok precast lantai 1 adalah

$\text{Rp. } 26.460.000,00 + \text{Rp. } 426.300,00 = \text{Rp. } 26.886.300,00$

4.3.7.3. Analisa Biaya Kolom Precast

Biaya Kolom 100/100 Precast $80 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.000.000,00 = \text{Rp. } 80.000.000,00$

Biaya Kolom 60/80 Precast $13,163 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.000.000,00 = \text{Rp. } 13.163.000,00$

Biaya Kolom 45/65 Precast $12,48 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.000.000,00 = \text{Rp. } 12.480.000,00$

Biaya Kolom 30/30 Precast $4,05 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.000.000,00 = \text{Rp. } 4.050.000,00$

$= \text{Rp. } 80.000.000,00 + \text{Rp. } 13.163.000,00 + \text{Rp. } 12.480.000,00 + \text{Rp. } 4.050.000,00$

$= \text{Rp. } 109.693.000,00$

Alat :

Sewa crane untuk 1 hari (8 jam kerja) mampu mengangkut 6 m^3 Rp
145.000,00

Kapasitas angkut per harinya untuk kolom precast : $80/6 = 13,33 \text{ m}^3$

Total biaya untuk sewa alat = $13,33 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 145.000,00 = \text{Rp. } 1.932.850,00$

Kapasitas angkut per harinya untuk kolom precast : $13,163/6 = 2,19 \text{ m}^3$

Total biaya untuk sewa alat = $2,19 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 145.000,00 = \text{Rp. } 317.850,00$

Kapasitas angkut per harinya untuk kolom precast : $12,48/6 = 2,08 \text{ m}^3$

Total biaya untuk sewa alat = $2,08 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 145.000,00 = \text{Rp. } 301.600,00$

Kapasitas angkut per harinya untuk kolom precast : $4,05/6 = 0,675 \text{ m}^3$

Total biaya untuk sewa alat = $0,675 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 145.000,00 = \text{Rp. } 97.875,00$

Total keseluruhan biaya untuk sewa alat:

= $\text{Rp. } 1.932.850,00 + \text{Rp. } 317.850,00 + \text{Rp. } 301.600,00 + \text{Rp. } 97.875,00$

= $\text{Rp. } 2.650.175,00$

Biaya keseluruhan untuk kolom precast lantai 1 adalah:

= $\text{Rp. } 109.693.000,00 + \text{Rp. } 2.650.175,00$

= $\text{Rp. } 112.343.175,00$

Total biaya keseluruhan untuk pekerjaan beton sistim precast untuk lantai 1:

= $\text{Rp. } 110.054.074,10 + \text{Rp. } 26.886.300,00 + \text{Rp. } 112.343.175,00 = \text{Rp.}$

$249.283.549,10$

4.4. Analisa Waktu beton konvensional

Perhitungan waktu pada beton konvensional:

Pekerjaan Plat Lantai

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (155,52 \times 1,683) / 18 = 14,5 = 15 \text{ hari}$$

Pekerjaan balok

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (107,73 \times 1,683) / 18 = 10 \text{ hari}$$

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (49,68 \times 1,683) / 18 = 4,64 = 5 \text{ hari}$$

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (14,04 \times 1,683) / 14 = 1,68 = 2 \text{ hari}$$

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (3,6 \times 1,683) / 3 = 2,01 = 2 \text{ hari}$$

Pekerjaan kolom

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (80 \times 1,683) / 18 = 7,48 = 8 \text{ hari}$$

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (13,163 \times 1,683) / 14 = 1,58 = 2 \text{ hari}$$

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (12,48 \times 1,683) / 12 = 1,75 = 2 \text{ hari}$$

Faktor tenaga kerja didapat dengan menjumlahkan koefisien tenaga kerja yang ada pada analisa SNI: $0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,033 + 0,66 = 1,683$

$(\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Faktor Tenaga Kerja}) / \text{Jumlah Pekerja}$

$$= (4,05 \times 1,683) / 3 = 2,27 = 3 \text{ hari}$$

Total keseluruhan waktu untuk Beton Sistem Cast In Situ

$$= 15 \text{ hari} + 19 \text{ hari} + 15 \text{ hari}$$

$$= 49 \text{ hari}$$

4.5. Analisa Waktu Beton Precast

Perhitungan waktu pada pekerjaan beton precast prefabrikasi terdiri dari:

- Pembuatan beton precast
- Pengangkutan
- Installing

4.5.1. Pembuatan beton precast

Pada proses pembuatan beton precast lama waktu yang diperbolehkan untuk pengangkatan beton dari cetakan minimal adalah 3 hari setelah proses pengecoran.

Kemudian setelah itu beton diangkat dari cetakan dan dipindahkan ketempat penyimpanan/ pemeliharaan sementara hingga beton mencapai umur 7 hari.

Pada penulisan tugas akhir ini diasumsikan pabrik beton precast mampu mengerjakan seluruh volume yang diinginkan dalam waktu bersamaan. Sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk proses pembuatan beton ini adalah 10 hari.

4.5.2. Proses pengangkutan

Setelah beton melalui tahap penyimpanan/ pemeliharaan selama 7 hari kemudian beton siap untuk dikirim ke lokasi proyek.

Pada penulisan tugas akhir ini proyek berada pada Universitas Brawijaya Malang yang berlokasi pada daerah Jl. Veteran Malang, sedangkan pabrik precast PT. Wika Beton berlokasi di Pasuruan. Sehingga pengiriman bisa dilakukan dalam waktu 1 hari.

4.5.3. Proses Installing

Setelah beton precast sampai lokasi proyek, proses selanjutnya adalah proses installing atau perakitan. Pada proses ini membutuhkan adanya alat bantu. Oleh karena itu proses perhitungan waktunya berdasarkan kapasitas alat bantu tersebut.

- Berdasarkan Kapasitas Crane:

Berdasarkan data yang diperoleh dalam 1 hari (8 jam kerja) crane mampu mengangkut 6 m³ beton precast.

Kapasitas Angkut crane per hari kolom precast: $80/6 = 13,33 \text{ m}^3$

Jadi untuk volume $13,33 \text{ m}^3$ membutuhkan waktu $80/13,33 = 6$ hari pada pekerjaan kolom.

- Berdasarkan Kapasitas Crane:

Berdasarkan data yang diperoleh dalam 1 hari (8 jam kerja) crane mampu mengangkut 6 m^3 beton precast.

Kapasitas Angkut crane per hari balok precast: $14,04/6 = 2,34 \text{ m}^3$

Jadi untuk volume $2,34 \text{ m}^3$ membutuhkan waktu $14,04/2,34 = 6$ hari pada pekerjaan balok.

- Berdasarkan Kapasitas Crane:

Berdasarkan data yang diperoleh dalam 1 hari (8 jam kerja) crane mampu mengangkut 6 m^3 beton precast.

Kapasitas Angkut crane per hari plat lantai precast: $155,52/6 = 25,92 \text{ m}^3$

Jadi untuk volume $25,92 \text{ m}^3$ membutuhkan waktu $155,52/25,92 = 6$ hari pada pekerjaan plat lantai.

Jadi total waktu yang diperlukan untuk installing pada lantai satu adalah 18 hari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

3.1. Kesimpulan

Dari studi perbandingan yang telah dilakukan, dapat disampaikan beberapa hal sebagai berikut:

1. Besarnya biaya konstruksi bangunan bila menggunakan konstruksi beton sistim cast in situ adalah Rp 436.882.257,70
2. Besarnya biaya konstruksi bangunan bila menggunakan konstruksi beton sistim precast adalah Rp. 249.283.549,10
3. Besarnya waktu yang dibutuhkan untuk sistim:
 - Beton konvensional: 49 hari
 - Beton precast: 30 hari

3.2. Saran

Saran untuk pengembangan aplikasi konstruksi pracetak:

Karena semakin mahalnya bahan kayu, batu kali dan agregat, precast mungkin merupakan salah satu elemen yang paling efisien dan tahan lama, misalnya:

- a. Pondasi batu kali diganti dengan balok beton pracetak T terbalik
- b. Rangka atas kayu digantikan dengan rangka elemen beton pracetak.

Oleh karena itu diperlukan suatu pengembangan-pengembangan yang lebih inovatif pada produk-produk precast ini sehingga dapat menghasilkan produk precast yang lebih beragam. Jadi produk precast tidak hanya berisi plat,

balok, kolom, tiang pancang saja melainkan dapat berupa produk-produk seperti yang telah disebutkan diatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar Ibrahim, H, 2003, *Rencana dan Estimate Real of Cost*”, Penerbit Bumi Askara, Jakarta.
- Gideon H. Kusuma, Ir dan W. C. Vis, Ir, 1997, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Imam Soeharto, 1997, *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Istimawan Dipohusudo, 1999, *Struktur Beton Bertulang*, Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Paulus Nugraha, Ishak Natan, R. Sutjipto, 1985, *Manajemen Proyek Kontruksi I*, Penerbit Kartika Yudha, Surabaya.